

EFFECTOS DE LOS CAMBIOS CLIMÁTICOS RECIENTES SOBRE LAS LAGUNAS PERIDUNARES DEL PARQUE NACIONAL DE DOÑANA (HUELVA, ESPAÑA)

Arturo SOUSA MARTÍN*, Pablo GARCÍA-MURILLO*, Julia MORALES GONZÁLEZ* y
Leoncio GARCÍA-BARRÓN**

**Dpto. Biología Vegetal y Ecología.*

** *Dpto. de Física Aplicada II.*

Universidad de Sevilla

RESUMEN

El estudio de la evolución de las lagunas peridunares del Parque Nacional de Doñana, a través de la documentación histórica, la fotografía aérea y el microrrelieve, muestra una reducción de gran calado, al menos desde el S. XVII. Los resultados de este estudio revelan que las fluctuaciones de este emblemático humedal, están relacionadas con la reactivación del avance de las dunas activas durante los períodos climáticos más secos, y con el incremento de la lámina de agua durante las fases más húmedas de la Pequeña Edad del Hielo en Andalucía.

Palabras clave: lagunas peridunares, Pequeña Edad del Hielo, Lagunas, Humedales, Doñana

ABSTRACT

The study of the evolution of the peridunar lagoons in Doñana National Park by means of the use of historical documentation, of aerial photographs and micorelief show a great reduction of their surfaces, at least since 17th century. The results of this study reveal that the fluctuations of this remarkable wetland are caused by the reactivation of the active dunes advance during the dry periods and by the increase of the water sheet during the periods of wet conditions of the Little Ice Age in Andalusia.

Key words: Peridunar Lagoon, Little Ice Age, Lagoon, Wetlands, Doñana

1. INTRODUCCIÓN

Los efectos, de los cambios climáticos recientes como la *Pequeña Edad del Hielo* (PEH, a partir de ahora), sobre los humedales del SW de la Península Ibérica han sido puestos de manifiesto en anteriores estudios (SOUSA y GARCÍA-MURILLO, 2003; SOUSA *et al.*, 2004). Sin embargo -con excepción de las investigaciones de GRANADOS *et al.* (1988)- no se habían analizado las consecuencias de los cambios climáticos recientes sobre la vegetación del Parque Nacional de Doñana. Éste último trabajo aporta también datos muy interesantes sobre el efecto de avance de las dunas activas de Doñana sobre las lagunas peridunares, asociándolo -más que a cambios climáticos directamente- al proceso denominado "Dunización Secundaria". GROVE (2001) señala que las condiciones climáticas que durante la PEH indujeron al avance de los glaciares, también fueron responsables de un incremento en la frecuencia de inundaciones y de la sedimentación en la Europa mediterránea. Esta idea es consistente con los

resultados de BRÁZDIL *et al.* (1999) para Andalucía. Al respecto GRANADOS (1987) y GRANADOS *et al.* (1988) establecen una clara relación entre los pulsos de avance dunar y la desecación de las lagunas peridunares. Nuestro objetivo es analizar este proceso para verificar si se puede establecer una relación de causalidad entre los episodios de dunización secundaria que recoge GRANADOS (1987) y los cambios climáticos más recientes. Si esta hipótesis fuera correcta debería verificarse una coincidencia temporal entre los períodos de avance dunar y las fases más secas de la PEH en Andalucía. Lo cual pondría de manifiesto una relación entre las tendencias climáticas pasadas y la desaparición de complejos lagunares con alto nivel de protección y conservación en el ámbito europeo.

2. ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio corresponde al conjunto de lagunas peridunares del Parque Nacional de Doñana (Huelva, SW España), y su entorno más inmediato. Estas lagunas se localizan dentro del área protegida con mayor rango de protección: la Reserva Biológica de Doñana (36° 50' N y 6° 28' W). En la actualidad este humedal –con una gran fluctuación en la lámina de agua– está conformado por un conjunto de lagunas alineadas situadas en el Episodio IV del Manto Eólico Litoral onubense (datadas en el período romano-medieval), y limitadas en su extremo meridional por el avance del frente de dunas activas (Episodio Eólico V). Las cubetas principales son las de las lagunas de Santa Olalla, Dulce, Taraje, Zahillo, Charco del Toro y Brezo, como muestra la Figura 1.

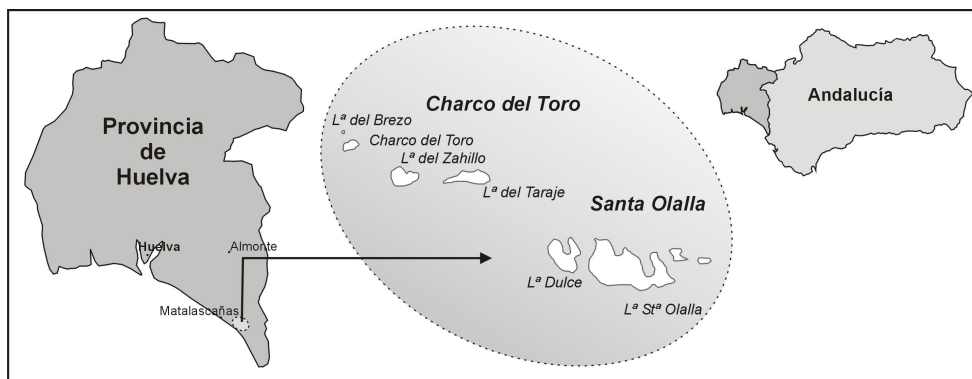


Fig. 1: Localización del área de estudio en el suroeste de la Península Ibérica.

Una completa revisión de los diferentes aspectos relativos a la investigación sobre este complejo lagunar se puede ver en SERRANO *et al.* (2006). En la actualidad se encuentran en un franco proceso de desecación posiblemente influido por las extracciones de aguas subterráneas de la urbanización de Matalascañas (SOUSA y GARCÍA-MURILLO, 2005).

3. FUENTES DE DATOS Y METODOLOGÍA

Tomando como punto de partida este estado de la cuestión nos planteamos -en primer lugar- cartografiar la evolución de estas lagunas, durante los siglos XVII al XXI. Para ello es necesario desarrollar una metodología novedosa *ad hoc* que incorpore, a las fuentes habituales, otras metodologías más transversales como: análisis de información histórica (fuentes documentales y cartográficas), del microrelieve y estudios de los hidrónimos. En la Tabla 1 se recoge el ámbito temporal en el que se han estudiado cada uno de estos aspectos:

Fuente de datos	Cronología			
	≤ S. XVII	S. XVIII	S. XIX	≥ S. XX
Documentación histórica	Sí	Sí	Sí	Sí
Cartografía histórica	No relevante	Sí	Sí	Relevante hasta 1921
Fotografía aérea	-	-	-	1956-2000
Microrelieve	Sí			

Tabla 1: CRONOLOGÍA DE LAS PRINCIPALES FUENTES DE DATOS

Una vez conocida la evolución de estas lagunas, se analizará si existe una relación entre sus tendencias y la evolución de las variables climáticas.

3.1. Las lagunas peridunares en la documentación histórica

Existe abundante información de carácter histórico de la zona donde se encuentran estas lagunas debido a: importancia cinegética del Coto de Doñana, visitas de la realeza y nobleza (Felipe IV en 1624, Felipe V en 1729), presencia de un archivo centralizado por la casa ducal de Medina Sidonia, interés secular de Doñana en la investigación, visitas de viajeros románticos, etc. Una buena parte de la información histórica recogida en los legajos del archivo de los Duques de Medina Sidonia ha sido revisada y estudiada por GRANADOS (1987). Las principales fuentes documentales consultadas se recogen en la Tabla 2¹⁷.

3.2. Análisis de la cartografía histórica S. XVII-XX

Se ha revisado la cartografía histórica disponible que incluye la zona de estudio desde el S. II al XX, aunque hasta el S. XVIII no aparecen delineadas estas lagunas. Desde un punto de vista científico-técnico, durante el período histórico, la cartografía más fiable es la de Francisco Coello (1869), y posteriormente la que desarrolla Bonsor (1921) por las características peculiares de su visita a este espacio y por su descripción documentada. En total se han revisado más de 50 mapas históricos, sobre los que se han analizado sus características técnicas, nivel de detalle, toponimia, delineación, número y orientación del complejo lagunar. Desde el S. XVIII hasta finales del S. XIX se han localizado 10 mapas en los

¹⁷ Para no alargar el contenido de este estudio, una descripción crítica de estas fuentes se puede ver en SOUSA & GARCÍA MURILLO (2005). Para diferenciar las citas bibliográficas de las cartográficas, éstas últimas se marcan en minúscula.

que aparecen delineadas, con mayor o menor detalle, estas lagunas. Esta cartografía comentada y detallada se puede consultar en SOUSA y GARCÍA MURILLO (2005).

Período	Fuente consultada
≤ S. XVII	Libro de Montería Alfonso XI (1311-1350); Argote de Molina (1582); legajos construcción Torres de Almenara (S. XVI); Pedro de Espinosa (1624); Pedro Texeira (1634)
S. XVIII	<i>Relaciones</i> de Tomás López (Párroco D. Alonso Álvarez y Cardoso, 1785); Atlas Histórico-Forestal S. XVIII (Ley de Montes, 1748)
S. XIX	Sebastián de Miñano (1826); Pascual Madoz (1848); Emilio Valverde (1885-1888); Joaquín Gonzalo y Tarín (1887); Sánchez (1889)
S. XX	Castro (1900); Chapman & Buck (1910); Bonsor (1922); Pardo (1948)

Tabla 2: PRINCIPALES FUENTES DOCUMENTALES ESTUDIADAS

3. 3. Análisis del microrelieve

En el caso de las lagunas peridunares la información que aporta el relieve procedente del Mapa Topográfico de Andalucía a. E. 1:10.000 es muy escasa, y prácticamente sólo delinea las curvas de nivel de 10 y 20 m, más allá de la zona de influencia de las dunas activas.

Esta información es absolutamente insuficiente para analizar el microrelieve, y prácticamente no aporta datos relevantes sobre la organización del drenaje superficial de estas lagunas.

Por ello se ha realizado una interpolación manual de las cotas topográficas, con el objeto de detallar el microrelieve del entorno de las lagunas peridunares, empleando más de 300 cotas topográficas (que son las disponibles en los correspondientes mapas topográficos a E. 1:10.000). Sin embargo, dado lo escaso del relieve de la zona, y la complejidad de interpolarlo -debido a la abundante presencia de paleodunas- ha sido imprescindible previamente interpolar el microrelieve de todo el manto arenoso del Parque Nacional de Doñana (1300 cotas topográficas aproximadamente), evitando así cualquier error de interpretación.

4. RESULTADOS

4.1. Las lagunas peridunares a través de la documentación histórica

Dada la cantidad de información obtenida, en la Tabla 3 se sintetizan los principales eventos relacionados con la situación histórica de las lagunas peridunares, según la documentación histórica revisada.

Fecha	Hidróónimo al que se hace referencia	Evento
1262	Santa Olalla o Santa Eulalia	Esta zona de Huelva es reconquistada por Alfonso X, estableciendo un cazadero real en las Rocinas y una ermita en las cercanías de la Laguna de Santa Olalla.
1624	Sancta Olalla	Felipe IV cazó patos en Sta. Olalla en una falúa, lo que implica una cubeta lagunar muy grande (ESPINOSA, 1624).
1625	Santa Olalla y	El gran incendio de 16/04/1625 de Martinazo-Encinillas

EFFECTOS DE LOS CAMBIOS CLIMÁTICOS RECIENTES SOBRE LAS LAGUNAS PERIDUNARES

	Charco del Toro	(aproximadamente a unas 1000 ha), favorecido por el viento reinante llega hasta la orilla norte del Charco del Toro y Santa Olalla, afectando entre otros a sauces.
S. XVII-XVIII	Santa Olalla	Existía un frondoso bosque de ribera en el que destacaban sauces, álamos y tarajes.
1729	Santa Olalla	Felipe V estuvo pescando durante cinco días en la Laguna de Sta. Olalla (o de Sta. Eulalia).
1753	Santa Olalla	Un notable incendio afecta el entorno de Santa Olalla y sus enclaves terrestres, incluyendo a las Pajareras, como confirman posteriormente documentos fechados en 1765.
1769	Santa Olalla	Desde principios a mediados del S. XVIII el avance de las dunas móviles “... <i>tragando alamedas enteras y más de la mitad de la laguna de Santa Olalla</i> ”.
1794	Paxarera	Ponz describe la Pajarera de Santa Olalla y sus aves, destacando no sólo la existencia de ésta, sino que está muy poblada por álamos.
S. XVIII	Santa Olalla	Los datos históricos revelan que el bosque en galería que rodea a la laguna de Santa Olalla formaba una pajarera, además de referencias respecto a la presencia de aneas y carrizales.
1804	Santa Olalla	Incendio de aproximadamente 1.000 ha desde Mata Alonso Domínguez hasta Santa Olalla, y según la cartografía de GRANADOS (1987) afecta al borde septentrional de las lagunas peridunares.
1848	Sta. Olalla, ó la Pajarera	MADOZ (1848) describe la existencia de varias lagunas costeras, y entre ellas la de Santa Olalla, con una medida de la longitud de la laguna (3/4 de legua) y con abundancia de helófitos y aves.
1852	-	Se inicia en el entorno del Charco del Toro y Santa Olalla las repoblaciones con <i>Pinus pinea</i> .
1920	La Paja, Santa Olalla, El Taraje, Dulce, Saillo y Charco del Toro	Visita de Bonsor que describe el conjunto de las lagunas peridunares como un brazo antiguo del Guadalquivir.
1948	Santa Olalla, Dulce y Taraje	PARDO (1948), en su Catálogo de los Lagos de España, describe a las lagunas de Santa Olalla (2.000x700 m), Taraje y Charco del Toro (150x100 m). Describe a Santa Olalla como la laguna más grande del Coto de Doñana, de aguas permanentes. Taraje y Charco del Toro también son permanentes, salvo los años excepcionalmente secos. No cita a las lagunas de Zahillo y Dulce.
1963	Taraje	Pequeño incendio de aproximadamente 0.5 ha.
1969	Todas	Se crea el Parque Nacional de Doñana, que incluye en sus límites todas las lagunas peridunares.
1985	-	Gran incendio de aproximadamente 778-900 ha que alcanza la zona septentrional próxima a las lagunas peridunares.

Tabla 3: RELACIÓN DE ACONTECIMIENTOS HISTÓRICOS DESDE EL S. XIII al XX.

De este conjunto de datos se desprenden algunos resultados generales:

- No se encuentra mención al rosario actual de lagunas peridunares, hasta bien entrado el S. XX [durante la visita de BONSOR (1922)].
- Anteriormente sólo se han encontrado referencias a la *Laguna de Santa Olalla* (en general), que tendría un bosque en galería formado fundamentalmente por álamos, sauces, tarajes, con espadañales y carrizales. Este bosque en galería fue reiteradamente afectado por diversos incendios (1625, 1753, 1804, etc.), que terminarían afectando de manera irreversible no sólo a la vegetación, sino también a la abundante avifauna que albergaba (pajareras).
- De acuerdo a los datos de ESPINOSA (1624), las dimensiones en cuanto a superficie y profundidad de esta laguna superaban con creces la actual, y su superficie parece verse reducida hasta cerca de la mitad durante la primera mitad del S. XVIII (según datos de 1769), por el avance dunar.
- Nuevamente -a mediados del S. XIX- MADOZ (1848) hace referencia a las dimensiones de esta laguna, que serían más del doble de su superficie actual. También los datos de BONSOR (1922) y PARDO (1948), señalan unas dimensiones muy superiores a las actuales.

En resumen, los datos históricos hacen referencia desde el S. XIII al XX prácticamente sólo a la Laguna de Santa Olalla, y más puntualmente al Charco del Toro. Según estos datos las dimensiones de esta Laguna de Santa Olalla serían muy superiores a la actual, y a principios del S. XVIII el avance dunar la redujo casi a la mitad de su superficie.

4.2. Situación de las lagunas peridunares según la cartografía histórica S. XVII-XX

Un primer análisis pone de manifiesto dos hechos claros:

- La laguna más nombrada en la toponimia es Santa Olalla (ver Tabla 3).
- No aparece un rosario de lagunas peridunares, sino una o dos, o a lo sumo tres cubetas hasta el mapa de Bonsor (1921).

De hecho hasta el S. XX, además de Santa Olalla sólo aparece en la hidronimia Charco del Toro (Coello, 1869; Valverde, 1880; Carrasco y Padilla, 1892; Anónimo, S. XIX). Una excepción a ello es el mapa de Francisco Coello (1869) donde aparece Laguna Dulce, aunque su situación no corresponde con la actual.

Del amplio abanico de mapas estudiados que incluyen las lagunas, los que presentan mayor interés durante el S. XVIII son: Quintana y Cevallos (1748-1752), Anónimo (S. XVIIIa), Anónimo (S. XVIIIb); durante el S. XIX destacan: Coello (1869), Valverde (1880), y Carrasco y Padilla (1892). Un detalle de estos seis mapas puede verse en la Figura 2.

La cartografía de Coello (1869; Figura 2D) se puede considerar como la de mayor rigor técnico hasta su fecha (INSTITUTO DE CARTOGRAFÍA DE ANDALUCÍA, 1998), en 1920 fue cotejada in situ por BONSOR (1922). Coello (1869) delineó claramente dos cubetas lagunares, una situada más occidentalmente (Charco del Toro), y otra situada hacia el suroeste (Laguna Dulce). Sin embargo, lo más interesante es que este autor señala una amplia zona encharcada alrededor de ambas cubetas. Concretamente la zona encharcada más grande, y que incluye a la Laguna Dulce, la nombra como Laguna de Santa Olalla o la Pajarera [en coincidencia con la descripción de MADOZ (1848)].

Por tanto, de acuerdo a la descripción de este autor, a finales del S. XIX existían dos grandes zonas lagunares (Charco del Toro y Santa Olalla), y dentro de la mayor de ellas aparecía una

cubeta denominada Laguna Dulce. Un esquema muy parecido se repite en la cartografía de VALVERDE (1880), aunque al tratarse de una escala mucho menos detallada sólo aparecen en la toponimia Charco del Toro y Santa Olalla (y no aparece Laguna Dulce).

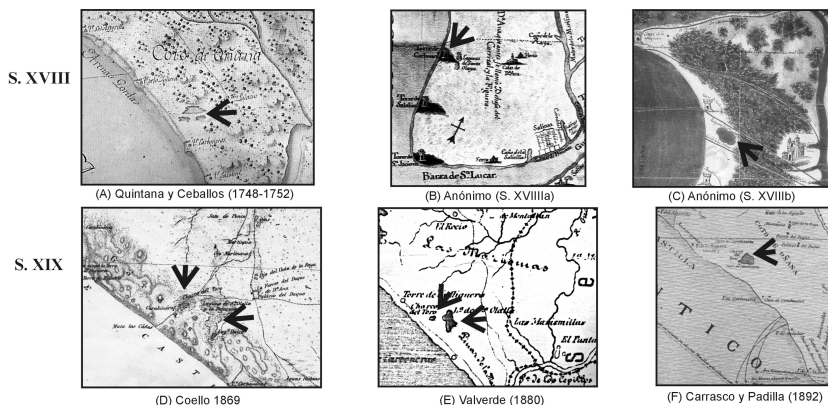


Fig. 2: Principales mapas históricos sobre las lagunas peridunares durante el S. XVIII y S. XIX. Se marca con flechas negras la ubicación de las lagunas estudiadas.

Por su parte Carrasco y Padilla (1897-1900) delinea todo el conjunto formando una única gran laguna (a la que le asigna el macrotopónimo Charco del Toro, probablemente para denominar más la zona que la propia laguna). Esto no sorprende a la vista de la cartografía de Coello (1869), ya que los dos grandes complejos lagunares están muy próximos, y no se puede descartar que en algunos períodos muy húmedos estuvieran en contacto. En la Figura 3 se reproduce la situación de este complejo lagunar de acuerdo a la cartografía del S. XVIII (A, B y C) y del S. XIX (D, E y F), recogida en la Figura 2:

Respecto a la cartografía del S. XVIII, resulta mucho más comprensible tras este análisis de los mapas del S. XIX; Quintana y Ceballos (1748-1752; Figura 3A) muestra una gran cubeta (que correspondería a Santa Olalla), debajo de la cual aparece otra más pequeña (equivaldría a la Laguna Dulce), y al oeste de la primera otra más pequeña (Charco del Toro). En cambio en Anónimo (S. XVIIIa; Figura 3B), aparecen dos grandes cubetas a una latitud similar y muy próxima que corresponderían al Charco del Toro y Santa Olalla, respectivamente. Finalmente en Anónimo (S. XVIIIb; Figura 3C) aparece sólo una gran laguna como ocurría en Carrasco y Padilla (1892).

En 1920 este humedal es visitado por BONSOR (1922), acompañado de la cartografía de Coello (1869), como él mismo narra. Producto de esta visita es la cartografía detallada que de las lagunas realiza este autor (Bonsor, 1921), donde aparecen por primera vez todas las lagunas peridunares en una configuración similar a la actual, y no agrupadas en uno o dos grandes complejos lagunares.

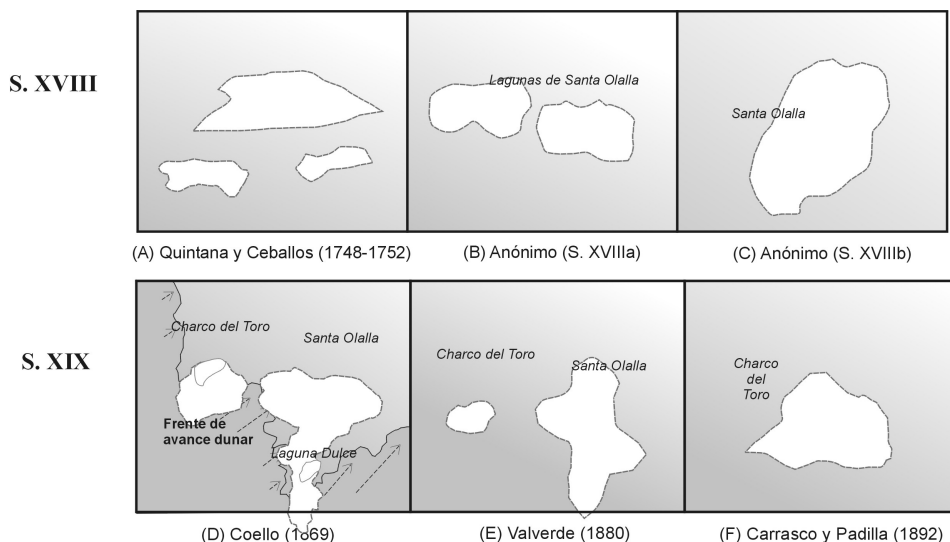


Fig. 3: Descripción de dos grandes zonas lagunares durante los S. XVIII y XIX.

La descripción que realiza (BONSOR, 1922) corresponde a las actuales lagunas peridunares desde el sureste al noroeste, y llama la atención la presencia todavía en esta fecha de las pajareras, lo cual indica aún restos del antiguo bosque freatofítico de la laguna. Aunque ya describe este humedal como un rosario de lagunas alineadas, el tamaño de Santa Olalla y su forma alargada es muy superior al actual, y algo parecido puede decirse del Charco del Toro, como queda reflejado en la correspondiente cartografía (Bonsor, 1921).

Otro aspecto muy interesante de esta cartografía es que presenta dos líneas paralelas de puntos entre las lagunas peridunares que “...estaba cubierta de juncos en la época de mi visita, en verano; pero en invierno, estos terrenos desaparecen totalmente bajo el agua” (BONSOR, 1922). Por tanto pone de manifiesto un mayor tamaño de las lagunas que en la actualidad, y que en períodos más húmedos formaban una sola cubeta. También evidencia la fuerte variabilidad que caracteriza a este complejo lagunar. Posteriormente hace referencia a que las arenas dunares tienden a cubrir estas lagunas hasta hacerlas desaparecer.

A esta cartografía se pueden añadir los datos del catálogo de PARDO (1948) que describe a todo este conjunto de lagunas como permanentes. Todavía en 1972, en el Mapa Topográfico Nacional (M.T.N.) a E. 1:50.000 aparecen los dos macrotopónimos que nombraban a los dos antiguos complejos lagunares: *Charco del Toro* y *Santa Olalla*.

4. 3. Análisis del microrelieve.

El resultado de esta metodología permite obtener una representación mucho más detallada, que desvela antiguas cubetas lagunares hoy desecadas, como se aprecia en la Figura 4.

En la Figura 4 se puede apreciar la existencia originalmente de –al menos– dos grandes complejos lagunares (marcados con trazos discontinuos): el más oriental formado por las actuales Santa Olalla y Dulce, y el más occidental formado por Zahillo y Taraje. El análisis de

las ortofotos de los vuelos de 1956 y del año 2000 revela que el frente dunar más reciente -y que aún sigue avanzando- se sitúa precisamente separando estos dos grandes complejos lagunares.

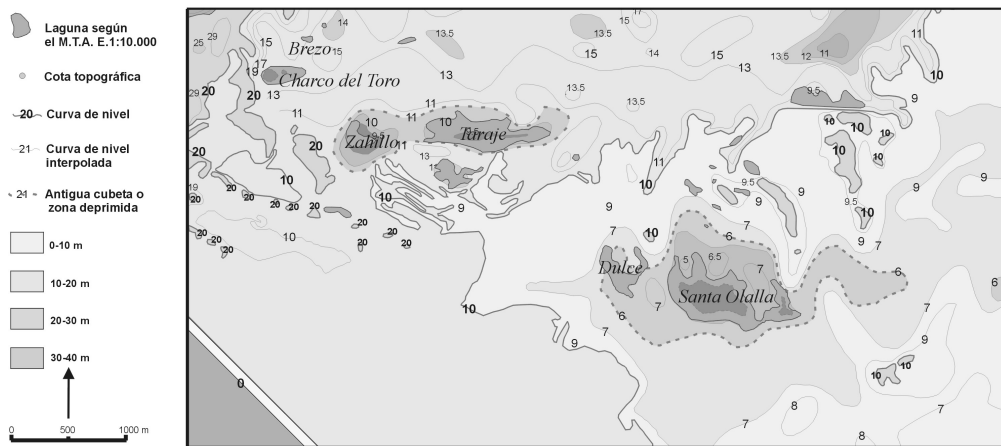


Fig. 4: Reconstrucción de la microtopografía de las lagunas peridunares.

Si se ordena toda la información obtenida tras el análisis comparado de las Figuras 3 y 4 junto con los otros datos históricos, es posible obtener una secuencia consistente de los cambios de las lagunas peridunares desde finales del S. XIX hasta nuestros días (ver Figura 5).

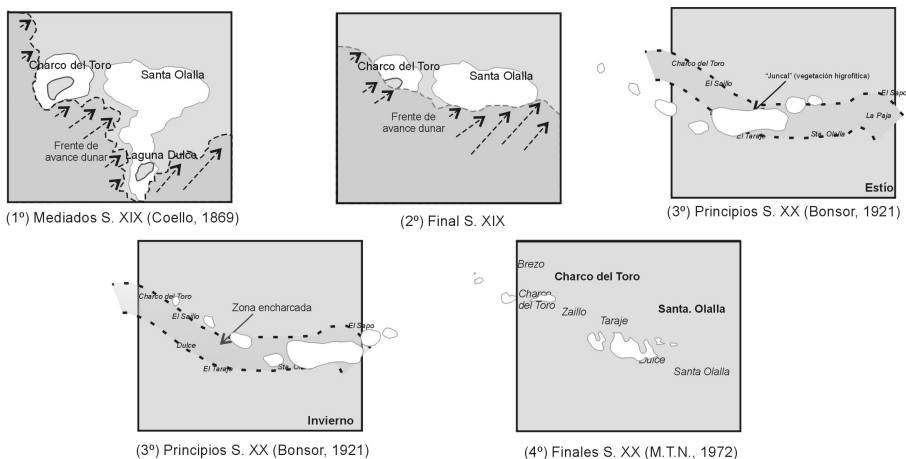


Fig. 5: Evolución de las lagunas peridunares durante los S.XIX y XX.

5. DISCUSIÓN

Los datos procedentes de fuentes documentales ponen de manifiesto el proceso de reducción de las lagunas peridunares, al menos desde el S. XVII. Así en 1624 -durante la visita de Felipe IV- la laguna presentaba su mayor superficie conocida. No parece casual que precisamente esta época coincida con el período álgido de la PEH en Andalucía [finales del S. XVI y comienzos del S. XVII según RODRIGO *et al.* (1999)], que de forma genérica se caracterizó por un incremento de la precipitación (RODRIGO *et al.*, 2000).

Por tanto el gran humedal que visitó el cortejo real de Felipe IV, bajo el nombre de “*Santa Olalla*” a principios del S. XVII correspondería a un gran complejo lagunar formado por la unión temporal de los complejos lagunares *Dulce-Santa Olalla* y *Taraje-Zahillo*, debido a las elevadas precipitaciones durante este período.

Tras la fase más húmeda de la PEH se produce, a mediados del S. XVIII, una reducción de más de la mitad del humedal como revelan los legajos fechados en 1769 (ver Tabla 3), coincidiendo esta vez con un período seco de la PEH en Andalucía, de acuerdo a los datos de RODRIGO *et al.* (1999).

A finales del S. XIX, el avance dunar (probablemente continuación del ya referido para la primer mitad del S. XVIII) separaba nítidamente dos grandes cubetas o complejos lagunares: “Charco del Toro” (que incluiría muy probablemente a Taraje y Zahillo), y “Santa Olalla” (otro gran complejo formado por las actuales Dulce y Santa Olalla), como reflejan los datos históricos y el microrelieve.

Esta reducción continuó hasta que, en 1920, se cartografían por primera vez las diferentes cubetas de manera independiente, y no como dos grandes complejos lagunares (*Dulce-Santa Olalla* y *Taraje-Zahillo*). A pesar de ello, a principios del S. XX, la superficie ocupada por cada una de las lagunas peridunares (ya separadas entre ellas formando un rosario), continúa siendo muy superior a las dimensiones actuales. Puesto que el núcleo de Matalascañas urbano no se desarrolla hasta 1965, cabe pensar que hasta esa fecha los cambios se deban a las tendencias climáticas del S. XX en la zona de estudio. Es decir incremento de las temperaturas mínimas durante la segunda mitad del S. XX de 0.037 ° C/año (GARCÍA BARRÓN, 2007), incremento de próximo a 1 ° C de la temperatura media en Andalucía durante el S. XX (CASTRO-DÍEZ *et al.*, 2007), disminución de 1/3 de la precipitación primaveral (GARCÍA BARRÓN, 2007), especialmente la del mes de marzo (AGUILAR, 2007).

Por todo ello, el riesgo de aceleración de este proceso se puede intensificar si la alteración o tendencias climáticas actuales se mantienen en todo el litoral atlántico ibérico. Precisamente por ello, las lagunas peridunares pueden constituir un indicador de interés sobre el impacto de un *Calentamiento Global*, no sólo en el ámbito regional sino para toda la cuenca mediterránea.

7. AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido financiado por el MEC a través del proyecto CGL2006-07194/BOS.

8. BIBLIOGRAFÍA.

- AGUILAR, M. (2007). Cambios y tendencias recientes en las precipitaciones de Andalucía. En: SOUSA A; GARCÍA-BARRÓN L. y JURADO V. (Coords.). El Cambio Climático en Andalucía: evolución y consecuencias medioambientales. Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, Sevilla, pp. 99-116.
- BONSOR, J. (1922). *El Coto de Doña Ana. Una visita arqueológica*. Clásicos de la arqueología de Huelva 2/1989. Diputación de Huelva, reedición 1990. Huelva.
- BRÁZDIL, R.; GLASER, R.; PFISTER, C.; DOBROVOLNÝ, P.; ANTOINE, J.M.; BARRIENDOS, M.; CAMUFFO, D.; DEUTSCH, M.; ENZI, S.; GUIDEBONI, E.; KOTYZA, O. y RODRIGO, F.S. (1999). "Flood events of selected european rivers in the Sixteenth Century". *Climatic Change*, 43, pp. 239-285.
- CASTRO-DÍEZ, Y.; ESTEBAN-PARRA, M.J.; STAUDT, M. y GÁMIZ-FORTIS, S. (2007). Cambios climáticos observados en la temperatura y la precipitación en Andalucía, en el contexto de la Península Ibérica y hemisférico. En: SOUSA, A.; GARCÍA-BARRÓN, L. y JURADO V. (Coords.). El Cambio Climático en Andalucía: evolución y consecuencias medioambientales. Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, Sevilla, pp. 57-77.
- ESPINOSA, P. de (1624). *Bosque de Doñana demostraciones que hizo el Duque VIII de Medina Sidonia a la presencia de S. M. el rey Felipe IV en el Bosque de Doñana*. Reedición de Padilla Libros (1994), Sevilla, 107 p.
- GARCÍA BARRÓN, L. (2007). La evolución climática del Suroeste de la Península Ibérica basada en registros instrumentales. En: SOUSA A.; GARCÍA-BARRÓN L. y JURADO, V. (Coords.) El Cambio Climático en Andalucía: evolución y consecuencias medioambientales. Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, Sevilla, pp. 81-95.
- GRANADOS M (1987) Transformaciones históricas de los ecosistemas del P.N. de Doñana. Tesis Doctoral. Departamento de Ecología, Universidad de Sevilla.
- GRANADOS, M.; MARTÍN, A. y GARCÍA NOVO, F. (1988). "Long-term vegetation changes on the stabilized dunes of Doñana National Park (SW Spain)". *Vegetatio*, 75, pp. 73-80.
- GROVE, A.T. (2001). "The "Little Ice Age" and its geomorphological consequences in Mediterranean Europe". *Climatic Change*, 48, pp. 121-136.
- INSTITUTO DE CARTOGRAFÍA DE ANDALUCÍA (1995). *Catálogo de cartografía histórica de Huelva*. Tomos I y II. Consejería de Obras Públicas y Transportes (Junta de Andalucía). Sevilla.
- MADOZ, P. (1848). *Diccionario Geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de Ultramar*. Biblioteca Santa Ana (1990). Almedralejo (Badajoz).
- PARDO, L. (1948). *Catálogo de los Lagos de España*. Ministerio de Agricultura. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias. Madrid.
- RODRIGO F.S.; ESTEBAN-PARRA, M.J.; POZO-VÁZQUEZ D. y CASTRO-DÍEZ, Y. (2000). "Rainfall variability in Southern Spain on decadal to centennial times scales". *International Journal of Climatology*, 20, pp. 721-732.
- RODRIGO, F.S.; ESTEBAN-PARRA, M.J.; POZO-VÁZQUEZ, D. y CASTRO-DÍEZ, Y. (1999). "A 500 year precipitation record in Southern Spain". *International Journal of Climatology*, 19, pp. 1233-1253.

- SERRANO, L.; REINA, M.M.; MARTÍN FARFÁN, G.; REYES, I.; ARECHEDERRA, A.; LEÓN, D. y TOJA, J. (2006). "The Aquatic Systems of Doñana (SW Spain): Watersheds and Frontiers". *Limnetica*, 25, pp. 11-32.
- SOUSA, A. y GARCÍA-MURILLO, P. (2003). "Changes in the Wetlands of Andalusia (Doñana Natural Park, SW Spain) at the End of the Little Ice Age". *Climatic Change*, 58, pp. 193-217.
- SOUSA, A. y GARCÍA MURILLO, P. (2005). *Historia ecológica y evolución de las lagunas peridunares del Parque Nacional de Doñana*. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- VALVERDE, E. (1885-1888). *Guía del Antiguo Reino de Andalucía*. Colección Los Libros del Caballero Andante 12. Editorial Don Quijote, 1992. Sevilla.